مجلة الدراسات التربوية والعلمية - كلية التربية - الجامعة العراقية
العدد الثاني والعشرون - المجلد الثاني - علوم الفيزياء - أيلول 2023 م
doi.org/10.52866/esj.2023.02.22.02

دراسة تأثير التلبيد على الخصائص الفيزيائية لمكبوسات (Ni – Cu) المحضرة بطريقة تكنولوجيا المساحيق

ليزا مشرف غازي ، رشا حامد احمد
قسم الفيزياء ،كلية التربية للعلوم الصرفة ، جامعة تكريت ، العراق
Lizamu050@gmail.com

مستخلص:

يهدف هذا البحث الى تحضير ودراسة سبيكة (Ni-Cu) بطريقة المساحيق وتضمن البحث دراسة تأثير التلبيد لهذه السبيكة . تم استخدام مسحوق النيكل بنقاوة 99.95٪ وكثافته (g\m) 8.90 ومسحوق النحاس بنقاوة 99.9 ٪ وكثافته (g\m) 8.96، اذ تم خلط المساحيق المعدنية مع بعضها البعض لغرض التجانس فيما بينهما وبعدها تمت عملية الكبس تحت ضغط 8طن ولمدة 5 دقائق للحصول على عينات متماسكة وصلدة جدا ومن ثم تمت عملية التلبيد عند درجة حرارة 950°C لمدة ساعتين ، تم دراسة الخصائص التركيبية التي شملت فحص حيود الاشعة السينية والخصائص الفيزيائية والتي تتمثل بكل من (الكثافة الظاهرية، الكثافة الحجمية ، المسامية ، امتصاصية الماء) . حيث اوضحت النتائج ان التركيب البلوري لكل من النيكل والنحاس نظام مكعبي كما واتضح ان شدة (قمة) النيكل اعلى من شدة مادة النحاس قبل وبعد عملية التلبيد لان النسب الحجمية للنيكل اعلى من النسب الحجمية للنحاس ويظهر فيه ان العشوائية تكون قليلة بعد التلبيد وبينت النتائج ان المعاملة الحرارية كانت مناسبة للحصول على توزيع منتظم اما نتائج الخصائص الفيزيائية التي تشمل كل من الكثافة الظاهرية والكثافة الحجمية والمسامية وامتصاصية الماء فأنها تزداد بعد عملية التلبيد.

الكلمات المفتاحية : ميتالورجيا المساحيق ، المعاملة الحرارية ، السبائك المعدنية ، الخصائص الفيزيائية .

Study the effect of sintering on the physical nature of (Ni-Cu) presses prepared by powder technology method

Liza Mushrif Ghazi 1*, Rasha Hamid Ahmed 2
Department of Physics, College of Education for Pure Sciences, Tikrit University, Iraq

Abstract :

This research aims to prepare and study an alloy (Ni-Cu) using a powdery method. The research included a study of the sintering effect of this alloy. Nickel powder was used with a purity of 99.95% and a density (g/m) of 8.90, and copper powder with a purity of 99.9% and a density of (g/m) 8.96, as the metal powders were mixed with each other for the purpose of homogeneity between them, and then the pressing process was carried out under a pressure of 8 tons for a period of 5 minutes to obtain Very solid and cohesive samples, then the sintering process took place at a temperature of 950 °C for two hours. The structural properties were studied, which included X-ray diffraction examination, and the physical properties, which are (bulk density, bulk density, porosity, and water absorption). Where the results of X-ray diffraction showed that the crystal structure of each of the nickel and copper is a cubic system, as it turned out that the intensity (peak) of nickel is higher than the intensity of (peak) of the copper material before and after the sintering process, because the volumetric ratios of nickel are higher than the volumetric ratios of copper and it appears that the randomness is After sintering, the results showed that the heat treatment was appropriate to obtain a uniform distribution. As for the results of the physical properties, which include bulk density, volumetric density, porosity, and water absorption, they all increase after the sintering process.

Keywords: powder metallurgy, heat treatment, metal alloys, physical properties.

المقدمة

تعد طريقة ميتالورجيا المساحيق تقنية مهمة جدا في تحضير مواد معدنية أو سيراميكية أو بوليمرية وهذا يتم من خلال مزجها ومن ثم كبس المسحوق ليتم الحصول على المنتجات بالشكل المطلوب وبعده تلبد هذه المنتجات بواسطة فرن كهربائي ، وتعد عملية التلبيد مهمة في تحسين الروابط بين الجسيمات والحصول على منتج ذو كتلة قوية ومتجانسة بحيث يتم استخدام قوالب خاصة لهذا الغرض وضمن ضغوط معينة . اما عملية التلبيد فأنها تتم عند درجات حرارة اقل من درجة حرارة انصهار المعدن الاساس [1]. وتتكون المواد المتراكبة من خليط من مادتين او اكثر من المواد للحصول على مواصفات مهمة وذات خصائص جديدة لا توجد في اي من المادتين على انفراد [2]. اهم مميزات المواد المتراكبة هي المرونة في التصميم بحيث يمكن للمهندسين ان يستخدموا مواد التقوية بعدة اشكال وهيئات مختلفة حيث يكون الاستخدام الافضل للمادة هو ان يضع الالياف في اتجاه الاحمال وهذا سوف يؤدي الى انخفاض كمية كبيرة في التركيب النهائي للوزن ان الصفة الاساسية المأخوذة عن المواد المتراكبة هي ضعف القدرة على تحملها للأحمال الديناميكية الصدمية من الناحية الهندسية بحيث يسبب انفصال طبقي في المادة [3] . احتل النحاس المركز الاول من المعادن منذ منتصف القرن التاسع عشر لأنه ذات توصيلية كهربائية عالية اضافة الى انه يمكن تشكيلة بشكل اسلاك (seriW) وشرائط (spirtS) [4]. يستعمل النحاس بشكل كبير في صناعة انابيب الزيت والوقود للمحركات ويستعمل ايضا في صناعة العديد من السبائك المفيدة مثل سبيكة (Cu-Al) التي تستعمل في تطبيقات مياه البحر بسبب مقاومتها العالية للتأكل اضافة الى انه يدخل في صناعة سبيكة البرونز والبراص [5,6] .

الجزء العملي

استعملنا في هذا البحث كل من مادة النيكل والتي تكون بنسب مختلفة ٪(95،75) على التوالي ومادة النحاس التي تكون بنسب مختلفة أيضاً ٪(5،25) و على التوالي وكما موضح في الجدول (1) اذ تم مزج وخلط المادتين مع بعضهما البعض لمدة 30 دقيقة خلطا يدويا وحسب النسب الوزنية لكل واحد منهما وذلك من خلال استخدام ميزان حساس وبعد الانتهاء من عملية الخلط تم تشكيل العينات من خلال تقانة الكبس وباتجاه واحد بواسطة مكبس هيدروليكي وذو سعة كبس مقدارها 20 (طن) . تم وضع الخليط داخل قالب الكبس والذي وضع بعناية ودقة شديدين في المكبس لمنع أية حركة لأجزاء القالب وبعدها تم تسليط ضغط 8(طن) لمدة 5(دقائق) لتفادي احتمال الارجاع المرن [7,8] . وبعد اجراء عملية الكبس تكون النماذج غير جاهزة لأجراء الفحوصات وتمتلك مقاومة ضعيفة والتي تسمى المقاومة الخضراء ولأنها تحتاج الى عناية عند النقل والمناولة اجريت عليها عملية التلبيد وذلك باستخدام فرن كهربائي الماني المنشأ وتحت درجة حرارة (950°C) ولمدة ساعتين .

الجدول 1 : النسب الحجمية الداخلة في تكوين السبيكة

العينة	Ni %	Cu %
A	95	5
B	75	25

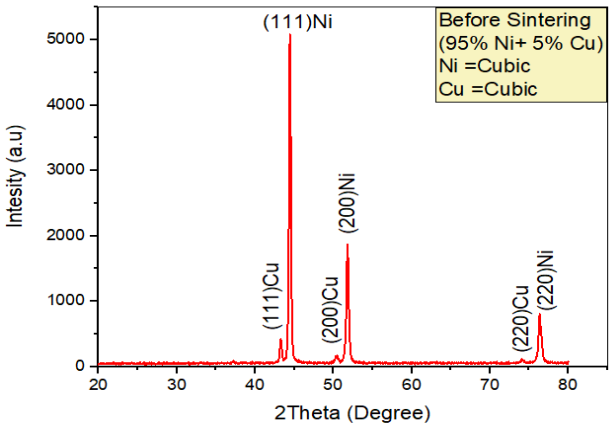
النتائج والمناقشة

أولاً : الخصائص التركيبية

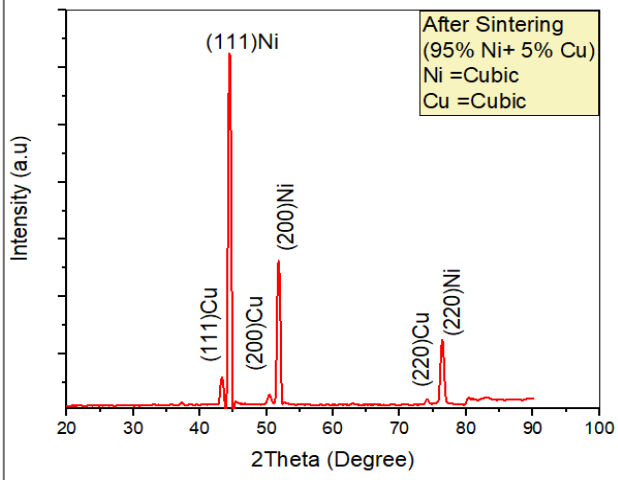
فحص حيود الاشعة السينية (XRD)

اظهرت نتائج حيود الاشعة السينية لسبيكة (Ni-Cu) والمحضرة حسب النسب الحجمية لكل من النحاس و النيكل والتي بينت النتائج قبل وبعد التلبيد ان شدة مادة الاساس والتي تمثل النيكل اعلى من مادة التدعيم والمتمثلة بالنحاس وبينت النتائج أيضاً ان التركيب البلوري لكل من النيكل والنحاس نظام مكعبي وظهرت مادة النيكل بزوايا (44.6°) وبمعامل ميلر (111) وزاوية (51.97°) ومعامل ميلر لها (200) وزاوية (76.59°) وبمعاملات ميلر (220) وبأطوال محورية (a=b=c=3.5157) اما النحاس فقد ظهرت في الزوايا (43.317°) ومعامل ميلر لها (111) وزاوية (50.44°) وبمعامل ميلر لها (200) وزاوية (74.12°) وبمعاملات ميلر (220) وبأطوال محورية (a=b=c=3.615). ولم يظهر طور جديد متراكب بين النيكل والنحاس وهذا يشير الى ان السبيكة المحضرة تتميز بمسامية وفراغ بين الجزيئات . اذا ظهرت السبيكة الأولى (A) الذي يحتوي على -95%Ni 5%Cu)) إذ يظهر فيه شدة النيكل بشدة عالية بمقارنة بالنحاس نظرا لقلة وجود مادة النحاس المدعمة وظهرت السبيكة في حالة عشوائية كما مبين بالشكل (1) اما الشكل (2) يبين السبيكة في النموذج الأول (A) بعد التلبيد ويظهر فيه السبيكة المحضرة بانتظام وقليل العشوائية مما يدل على ان عملية التلبيد لعبت دورا مهما في عملية تراصف الجزيئات للسبيكة إذ كانت للمعاملة الحرارية تأثير واضح على على تناقص الحجم البلوري للسبيكة المصنعة بسبب عملية النمو البلوري والانماء الذي يحصل للمواد المكونة للمادة المتراكبة.

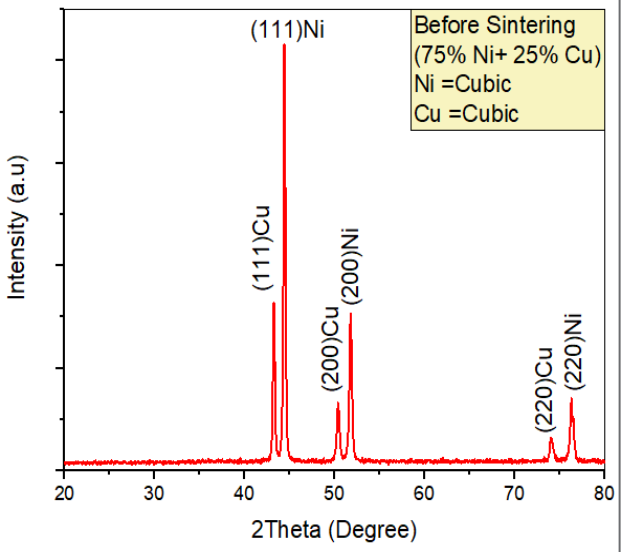
اما الشكل (3) يظهر النموذج الثاني (B) للسبيكة المحضرة بنسب (75%Ni-25%Cu) قبل التلبيد وتكون فيه شدة المادة النيكل أعلى من مادة النحاس لكن بدأت بمستوى أقل عن النموذج الأول والشكل (4) يظهر النموذج الثاني بعد التلبيد ويظهر فيه ان العشوائية قليلة مقارنة بقبل التلبيد ، حيث ان عرض منتصف القمة (FHMW) يتناسب عكسياً مع الحجم البلوري (C.S) حيث بزيادة منتصف القمة يقل الحجم البلوري و تكون فيه السبيكة المحضرة بانتظام وتجانس مما يدل ان المعاملة الحرارية كانت بدقة تامة نظرا لعدم تأثر السبيكة المحضرة بالتأكسد لم تظهر اطوار غير مرغوب فيه او اطوار جانبية بل ظهرت المادة بنقاوة وهو ظهور كل من النيكل والنحاس وبتفاوت الشدة اعتمدا على نسب الإضافة وهذا يعني ان هناك نمو بلوري لجزيئات السبيكة المحضرة وان الحجم البلوري بعد التلبيد انخفض بنسبة قليلة مع ما جاء به الباحث (Celebi) لان درجة حرارة المعاملة الحرارية تختلف وكذلك النسب المضافة لمادة التدعيم [9] .



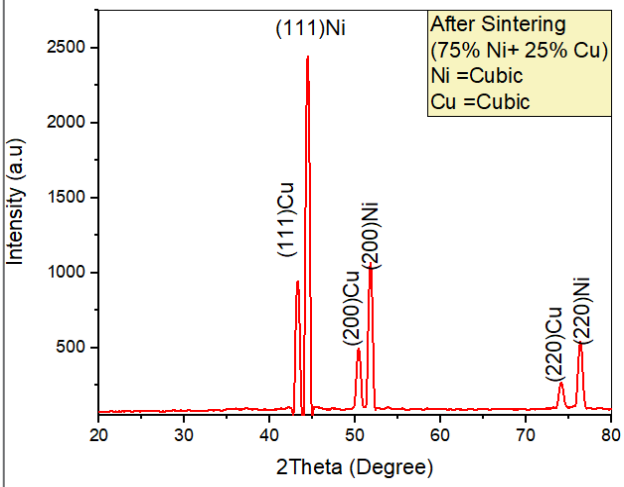
الشكل 1 : حيود الاشعة السينية للسبيكة بنسبة (95%Ni+5%Cu) قبل التلبيد.



الشكل 2 :حيود الاشعة السينية للسبيكة المحضرة بنسبة (95%Ni+5%Cu) بعد التلبيد .



الشكل 3: حيود الاشعة السينية للسبيكة المحضرة بنسبة (75%Ni+25%-Cu) قبل التلبيد.



الشكل 4: حيود الاشعة السينية للسبيكة المحضرة بنسبة (75%Ni+25%Cu) بعد التلبيد

.

Content %	2Theta (Degree)	FWHM (Deg)	d_{hkl} Exp (°A)	C.S (nm)	d_{hkl} Std (°A)	Hkl	Phase	System	Card No
5% Cu	43.317	0.5212	2.097	161.3211	2.087	(111)	Cu	Cubic	01-085-1326
	44.494	0.63374	2.06	179.2048	2.03	(101)	Ni	Cubic	03-065-2865
	50.449	0.654	1.817	168.4313	1.807	(200)	Cu	Cubic	01-085-1326
	51.847	0.78065	1.65	216.3348	1.76	(200)	Ni	Cubic	00-001-1292
	76.378	0.7582	1.23	223.431	1.245	(220)	Ni	Cubic	00-001-1292
25% Cu	43.317	0.5412	2.077	148.3211	2.087	(111)	Cu	Cubic	01-085-1326
	44.494	0.65374	2.04	166.2048	2.03	(101)	Ni	Cubic	03-065-2865
	50.449	0.674	1.797	155.4313	1.807	(200)	Cu	Cubic	01-085-1326
	51.847	0.80065	1.63	203.3348	1.76	(200)	Ni	Cubic	00-001-1292
	74.126	0.64	1.271	163.342	1.278	(220)	Cu	Cubic	01-085-1326
	76.378	0.8182	1.21	210.431	1.245	(220)	Ni	Cubic	00-001-1292

جدول2 : نتائج حيود الأشعة السينية قبل التلبيد .

Content %	2Theta (Degree)	FWHM (Deg)	d_{hkl} Exp (°A)	C.S (nm)	d_{hkl} Std (°A)	Hkl	Phase	System	Card No
5% Cu	43.317	0.5512	2.097	148.3211	2.087	(111)	Cu	Cubic	01-085-1326
	44.494	0.66374	2.06	166.2048	2.03	(101)	Ni	Cubic	03-065-2865
	50.449	0.684	1.817	155.4313	1.807	(200)	Cu	Cubic	01-085-1326
	51.847	0.81065	1.65	203.3348	1.76	(200)	Ni	Cubic	00-001-1292
	76.378	0.7882	1.23	210.431	1.245	(220)	Ni	Cubic	00-001-1292
25% Cu	43.317	0.6962	2.047	132.3211	2.087	(111)	Cu	Cubic	01-085-1326
	44.494	0.80874	2.01	150.2048	2.03	(101)	Ni	Cubic	03-065-2865
	50.449	0.829	1.767	139.4313	1.807	(200)	Cu	Cubic	01-085-1326
	51.847	0.95565	1.6	187.3348	1.76	(200)	Ni	Cubic	00-001-1292
	74.126	0.795	1.241	147.342	1.278	(220)	Cu	Cubic	01-085-1326
	76.378	0.9732	1.18	194.431	1.245	(220)	Ni	Cubic	00-001-1292

الجدول 3 : نتائج حيود الاشعة السينية بعد التلبيد .

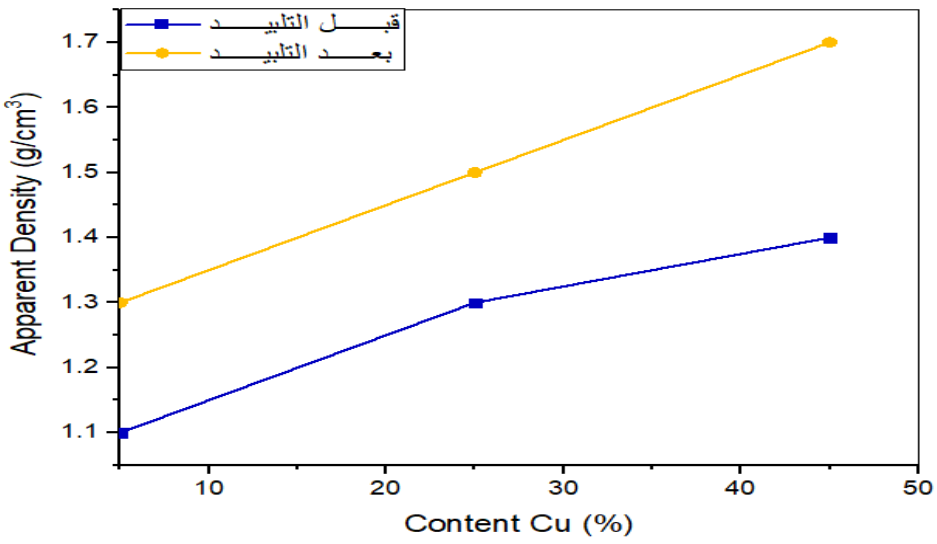
ثانياً: الخصائص الفيزيائية

1 – الكثافة الظاهرية

بينت النتائج ان قيم الكثافة الظاهرية بعد التلبيد قد زادت عن قيم الكثافة قبل التلبيد و الشكل (9) يوضح العلاقة بين مادة التدعيم بالنحاس والكثافة الظاهرية قبل وبعد عملية التلبيد بدرجة حرارة (950°C) ولمدة ساعتين ، ويلاحظ من خلال الشكل أن زيادة نسب مادة التدعيم (النحاس) المضافة قد أدت إلى نقصان في الكثافة الظاهرية ، إذ تزاد الكثافة الظاهرية قبل التلبيد فعند نسبة تدعيم Cu5% كانت الكثافة الظاهرية تساوي g/cm^3 (1.1) وعند نسبة تدعيم Cu25% أصبحت الكثافة الظاهرية g/cm^3 (1.3) وكما (3) ان الكثافة تزداد بزيادة محتوى مادة التدعيم لان مادة التدعيم تمتلك كثافة مقاربة لكثافة مادة الأساس إذ يمتلك النحاس كثافة تساوي g/cm^3 (8.93) ويمتلك النيكل كثافة g/cm^3 (8.97). وأيضاً ويلاحظ من خلال الشكل زيادة في قيم الكثافة الظاهرية بعد إجراء المعاملة الحرارية بسبب زيادة المسامية والامتصاصية للمادة وانخفاض الصلادة ، فعند نسبة تدعيم Cu5% تصبح الكثافة الظاهرية g/cm^3 (1.3) وعند نسبة تدعيم Cu25% أصبحت الكثافة الظاهرية g/cm^3 (1.5) وعند مقارنتها مع نتائج الباحث (Celebi) لسنة (2010) كانت نتائج بحثنا للكثافة بزيادة طفيفة بسبب اختلاف الاوزان الذرية للمواد [9] .

الجدول4: نتائج الكثافة الظاهرية قبل وبعد التلبيد.

نسب Cu%	الكثافة الظاهرية قبل التلبيد (gm / cm^3)	الكثافة الظاهرية بعد التلبيد gm / cm^3
5	1.1	1.3
25	1.3	1.5



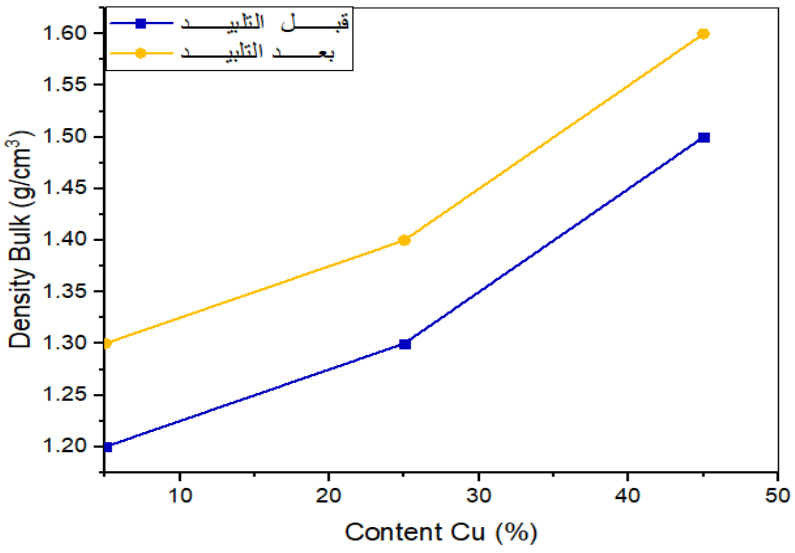
الشكل 9 : العلاقة بين مادة التدعيم النحاس والكثافة الظاهرية قبل وبعد التلبيد

2 – الكثافة الحجمية

كما هو الحال في الكثافة الظاهرية فأن قيم الكثافة الحجمية بعد التلبيد تزداد عن قيم الكثافة قبل التلبيد ويعزى ذلك الى ان عملية التلبيد بدرجة حرارة (950°C) ولمدة ساعتين لعبت دورا كبيرا في حصول عملية الانتشار في الحالة الصلبة وحصول عملية الاندماج بين جزيئات المواد المكونة للسبيكة المحضرة وهذا يسهل عملية الاندماج والنمو البلوري بشكل اوسع واسهل، [9] يبين الشكل (10) العلاقة بين نسب مادة التدعيم النحاس والكثافة الحجمية قبل وبعد إجراء عملية التلبيد، إذ إن زيادة النسب لمادة التدعيم المضافة قد أدت إلى زيادة في الكثافة الحجمية قبل التلبيد، إذ زادت الكثافة الحجمية وكانت القيم (1.3 – 1.2) عند إضافة مادة تدعيم بالنحاس (5 – 25)٪ على التوالي. اما بعد اجراء المعاملة الحرارية (عملية التلبيد) فأن الزيادة في مادة النحاس قد ادت الى الزيادة في الكثافة الحجمية بعد اجراء عملية التلبيد وكانت القيم (1.4 – 1.3) عند أضافة مادة التدعيم (5 – 25)٪ على التوالي والجدول التالي يوضح ذلك.

الجدول 5 : نتائج الكثافة الحجمية قبل وبعد عملية التلبيد

نسب Cu%	الكثافة الحجمية قبل التلبيد gm / cm^3	الكثافة الحجمية بعد التلبيد gm / cm^3
5	1.2	1.3
25	1.3	1.4



الشكل 10 : العلاقة بين مادة التدعيم النحاس والكثافة الحجمية قبل وبعد التلبيد

3 – المسامية

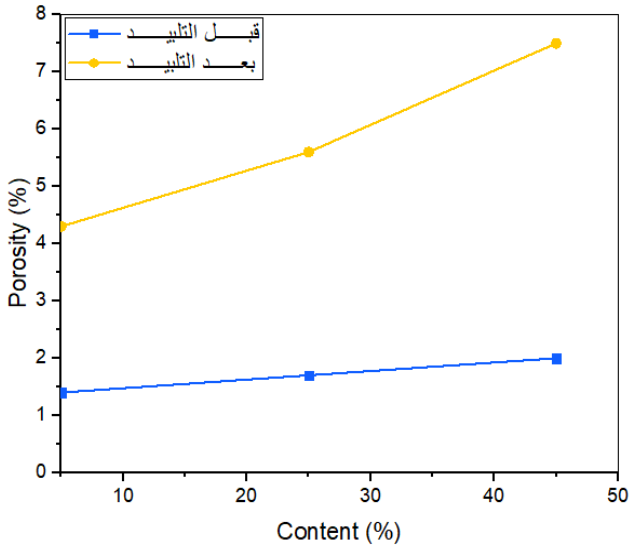
الشكل (11) يبين العلاقة الطردية بين التغير بنسب مادة التدعيم النحاس والمسامية قبل التلبيد، ويلاحظ من خلال الشكل أن زيادة النسب المضافة للنحاس قد أدت إلى زيادة المسامية الحقيقية إذ تزداد النسبة المئوية للمسامية وكانت نسب المسامية لجميع

النماذج ٪(1.7-1.4) عند إضافة مادة تدعيم بالنحاس ٪ (5-25) على التوالي لان زيادة نسبة النحاس تؤدي الى انتشار الجزيئات بشكل أوسع نتيجة تقارب كثافة مادة التدعيم مع مادة الأساس النحاس فيكون انتشارها أكبر ولم تكن هناك إعاقة للانتشار وبتالي تزداد الفجوات (المسامية) بين الجزيئات .

ويبين الشكل أيضاً العلاقة الطردية بين التغير لمادة التدعيم النحاس والمسامية بعد إجراء عملية التلبيد ويلاحظ من الشكل أن زيادة النسب لمادة التدعيم قد أدت إلى زيادة المسامية وكانت القيم ٪(5.6-4.3) عند إضافة مادة تدعيم بالنحاس ٪ (5-25)على التوالي وكما في الجدول (6) .

الجدول 6 : نتائج الكثافة المسامية قبل وبعد التلبيد.

نسب ٪ Cu	المسامية قبل التلبيد (gm / cm^3)	المسامية بعد التلبيد gm / cm^3
5	1.4	4.3
25	1.7	5.6



الشكل 11 : العلاقة بين مادة التدعيم النحاس والمسامية قبل وبعد التلبيد

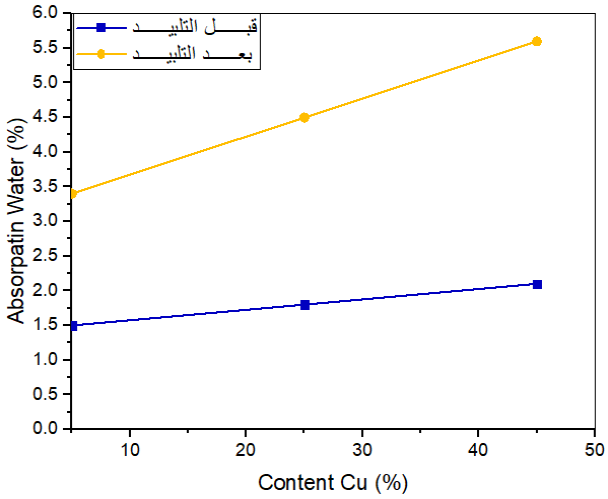
4- امتصاصية الماء

يبين الشكل (12) العلاقة بين نسب مادة التدعيم النحاس وامتصاصية الماء قبل وبعد اجراء عملية التلبيد ، و أن الزيادة في نسبة مادة التدعيم تؤدي إلى زيادة في امتصاصية الماء ، إذ ازدادت النسبة لقابلية امتصاصية الماء قبل التلبيد وكانت قيمها ٪(1.8-1.5)عند نسب مادة التدعيم 5-)%Cu 25)على التوالي ، وتزداد قيم قابلية امتصاصية الماء بعد التلبيد وأصبحت قيمها ٪(4.5-3.4)وكما في الجدول (7) وان الزيادة في امتصاصية الماء عند زيادة محتوى مادة التدعيم قبل التلبيد أو بعده أن قابلية امتصاصية الماء تعتمد على المسامية للمتراكبات أي المسامية أي ان العلاقة بينهما طردية لان عملية امتصاص المركب للماء يحتاج الى وجود فراغات

بينة بين جزيئات المواد المكونة للمركب حتى يتم امتصاص الماء وهذه النتائج التي تم الحصول عليها مقاربة مع ما جاء به الباحث (Mahani) اذا كانت لديه نتائج الامتصاصية قبل التلبيد ٪(1.7) وبعد التلبيد ٪(4.2) [10].

الجدول 7: نتائج امتصاصية الماء قبل وبعد التلبيد

نسب Cu%	امتصاصية الماء قبل التلبيد (gm / cm^3)	امتصاصية الماء بعد التلبيد gm / cm^3
5	1.5	3.4
25	1.8	4.5



الشكل 12: العلاقة بين مادة التدعيم النحاس وامتصاصية الماء قبل وبعد التلبيد

الاستنتاجات Conclusions

قمنا بتحضير سبيكة النحاس – النيكل (Ni-Cu) بطريقة ميتالورجيا المساحيق على الخصائص الميكانيكية والخصائص الفيزيائية ، حيث يمثل النيكل المادة الاساس في هذه السبيكة ويمثل النحاس مادة التدعيم وتم اجراء المعاملة الحرارية عند درجة الحرارة (950°C) لمدة ساعتين، ان الاستنتاج المهم في هذا البحث هو اظهار نتائج حيود الاشعة السينية ان التركيب البلوري لكل من النيكل والنحاس هو نظام مكعبي ولم يظهر طور جديد متراكب بين النيكل والنحاس وهذا يشير الى ان السبيكة المحضرة تتميز بمسامية وفراغ بين الجزيئات ، تم ملاحظة تأثير المعاملة الحرارية على تجانس النماذج المدروسة وبالتالي زيادة وتحسين الخصائص التركيبية والفيزيائية اي المعاملة الحرارية لعبت دوراً أساسياً في ترتيب شدة الحيود وتراصف الجزيئات اذ ظهرت بأقل عشوائية مما هو علية قبل عملية التلبيد، ولوحظ أيضاً زيادة الخصائص الفيزيائية كلما زادت مادة التدعيم قبل وبعد عملية التلبيد، وتم ملاحظة زيادة قوة الترابط بين النحاس والنيكل نتيجة درجة حرارة التلبيد ولمدة

ساعتين والتي بدورها تساعد على تحسين السطح البيني (Interface) للسبيكة وتحسين الترابط بين الجسيمات .

المصادر References

1. احمد محمد ابراهيم قدوري "تأثير الطحن على بعض الخصائص التركيبية والفيزيائية للمركب الثلاثي ($Al-Al_2O_3-B_4C$) المحضر بتقانة المساحيق" 2021.

2. T.W . Clyne , P. j Withers '' An Introduction to Metal Matrix Composites '' Cambridge State Science Series , Cambridge University Press , PP . 1-7 , 2003.

3. J.r.William D. Callister,''Fundamentals of Materials Science and Engineering ''Fifth Edition ,2001.

4. Trennert, Robert A . Riding the high wire . University Press of Colorado , 2011 .

5. Hansioryw Liposky , Emin Arpaci ,''copper in the Federal Republic of Germany WILEY-VCH Verly Gmb H& Co . KGaA , Weinheim , Germany , PP.123-143 ,2007 .

6. Thomas Bolton Ltd ,BP Minerals International ,'' copper & copper Alloy castings – Properties & . Application s'', copper Development Association , Publication TN42,PP,11-62

7. Yong ping Jin , Ming Hu '' Densification of . Graphite \ Copper compound Powder ''PP.1131-1135, 978-1-4244-4939-2\11 IEEE, 2011.

8. Chandana Priyadarshini Samal Microstructure and Mechanical Property study of Cu-graphite Metal Matrix composite Prepared by Powder Metallurgy Route ''master thesis , Department of Metallurgical and Materials Engineering , National In statute of Technology Rourkela Orissa India ,2012.

9. Celebi Efe , T. Yener , I. Altinsoy, M. Ipek, S. Zeytin , C. Bindal, '' Characterization of Cemented Cu Matrix Composites Reinforced with SiC '', Sakarya University ,Engineering Faculty ,Department of Metallurgy And Materials Engineering , Esentepe Campus , 54187 Sakarya , Turkey , Vacuum 85 pp 643-647 (2010).

10. Mahani Y. , Zuhailawati H. , '' Effect of Compaction Pressure on Microstructure and Properties of Copper – Based Composite Prepared by, "Mechanical Alloying and Powder Metallurgy.